

**PENGARUH KADAR AIR TERHADAP HASIL GASIFIKASI  
UPDRAFT SAMPAH ORGANIK**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DAVIN**  
**NIM. 145060200111005**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**MALANG**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN****PENGARUH KADAR AIR TERHADAP HASIL GASIFIKASI  
UPDRAFT SAMPAH ORGANIK****SKRIPSI****TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

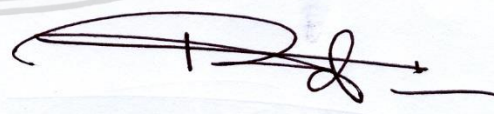
**DAVIN****NIM. 145060200111005**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 17 Juli 2018

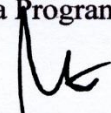
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
**Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng.**  
**NIP. 19740121 199903 1 001**

  
**Redi Bintarto. ST., M.Eng Pract**  
**NIP. 201607 811024 1 001**

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

  
**Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.**  
**NIP. 19740930 200012 1 001**

**JUDUL SKRIPSI :**

**PENGARUH KADAR AIR TERHADAP HASIL GASIFIKASI *UPDRAFT* SAMPAH ORGANIK**

Nama Mahasiswa : Davin  
NIM : 145060200111005  
Program Studi : Teknik Mesin  
Minat (bila ada) : Teknik Konversi Energi

**KOMISI PEMBIMBING :**

Pembimbing I : Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., MT.  
Pembimbing II : Rdi Bintarto, ST., M.Eng.Pract

**TIM DOSEN PENGUJI :**

Dosen Penguji I : Prof. Ir. ING Wardana, M.Eng., Ph.D  
Dosen Penguji II : Dr.Eng. Lilis Yuliati, ST., MT  
Dosen Penguji III : Francisca Gayuh U D, ST., MT

Tanggal Ujian : 12 Juli 2018  
SK Penguji : 1432/UN10.F07/SK/2018

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

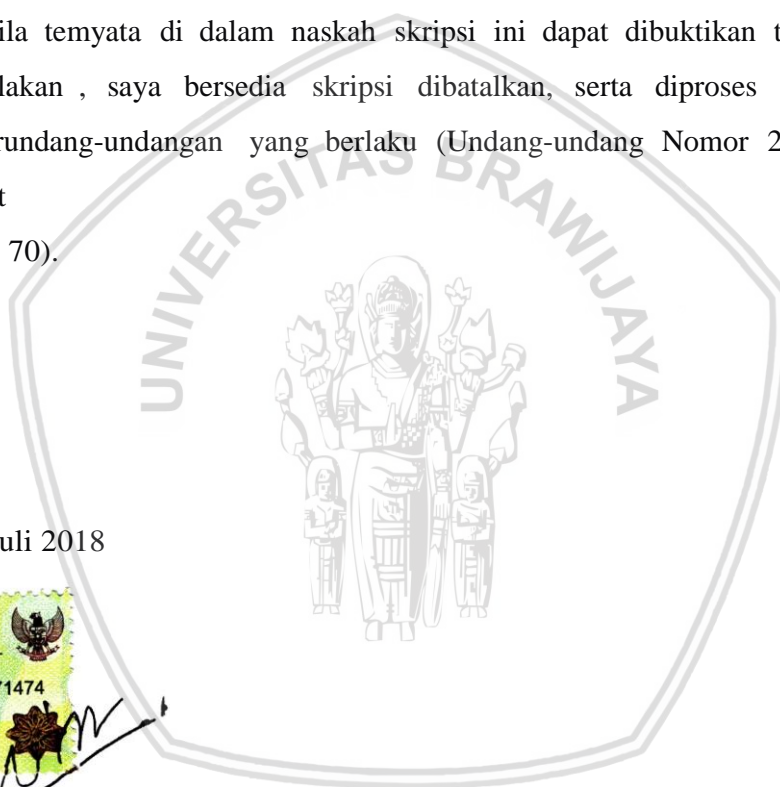
Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur penjiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 Pasal 25 ayat (2) dan Pasal 70).

Malang, 19 Juli 2018  
Mahasiswa,



Davin

NIM. 145060200111005







TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA



## SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 111/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :



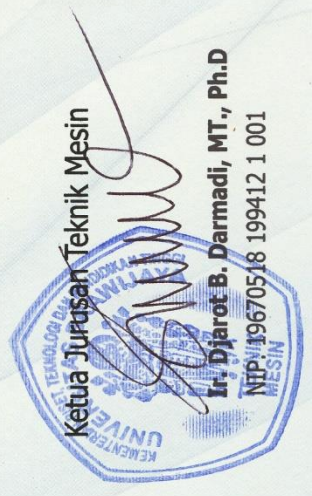
DAVIN

Dengan Judul Skripsi :

PENGARUH KADAR AIR TERHADAP HASIL GASIFIKASI UPDRAFT SAMPAH ORGANIK

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal

17 JUL 2018



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D  
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin



Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.  
NIP. 19740930 200012 1 001





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, nikmat, serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **“Pengaruh Kadar Air Terhadap Hasil Gasifikasi Updraft Sampah Organik”**.

Skripsi ini disusun sebagai bentuk dokumentasi dan hasil akhir dari proses perkuliahan yang telah dilaksanakan dan juga sebagai syarat bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya untuk mendapatkan gelar Sarjana.

Dalam melaksanakan proses penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
3. Bapak Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
4. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Teknik Konversi Energi.
5. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi bimbingan serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini
6. Bapak Redi Bintarto, ST., M.Eng.Pract. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini
7. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met., selaku dosen yang membantu membuat alat *gasifier* pada penelitian ini.
8. Seluruh dosen pengajar, staf administrasi, dan karyawan jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberi ilmu dan bantuan untuk mendukung penyusunan skripsi ini.
9. Kedua orang tua penulis, Bapak Supanto dan Ibu Linda Salim. Terimakasih Tak terhingga atas seluruh doa, nasihat, inspirasi, serta dukungan yang telah diberikan.

10. Kakak perempuan penulis, Angelina. Terima kasih yang sangat mendalam saya ucapkan atas dukungan dan doa yang telah diberikan
11. Topan Dwi putro dan M. Parvez Y.R. selaku teman kelompok seperjuangan dalam pelaksanaan skripsi. Terima kasih banyak atas ilmu yang dibagikan dan kerja kerasnya sehingga penelitian ini bisa diselesaikan
12. Teman-teman seperjuangan Mesin 2014 terimakasih atas solidaritas, kebersamaan, dan semua memori yang tak akan pernah terlupakan.
13. A'yan Sabitah, ST. yang telah membantu menyelesaikan skripsi dan memberi saran untuk skripsi.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membantu perkembangan pembahasan terkait topik laporan ini maupun bagi penulis secara pribadi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, Juli 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian sebelumnya .....	5
2.2 Kadar Air.....	7
2.3 Gasifikasi.....	7
2.3.1 Jenis-jenis Gasifikasi.....	8
2.3.2 Proses yang terjadi Pada Gasifikasi .....	10
2.3.3 <i>Thermal Cracking</i> .....	11
2.3.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi.....	12
2.4 Syngas.....	13
2.5 Sampah Organik .....	13
2.6 Hipotesis .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
3.1 Metode Penelitian.....	15
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
3.3 Variabel Penelitian .....	15
3.3.1 Variabel Bebas .....	15
3.3.2 Variabel Terikat.....	15
3.3.3 Variabel Terkontrol .....	16
3.4 Alat dan Bahan .....	16

3.4.1 Bahan.....	16
3.4.2 Alat &Skema Penelitian .....	16
3.5 Prosedur Penelitian.....	21
3.6 Skema Penelitian .....	23
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Pengolahan Data.....	25
4.1.1 Perhitungan Laju Pemanasan .....	25
4.1.2 Perhitungan Volume Total Gas .....	26
4.1.3 Perhitungan Nilai HHV .....	26
4.2 Pembahasan dan Analisis Grafik.....	28
4.2.1 Analisis Hubungan Temperatur Terhadap waktu.....	28
4.2.2 Analisis Volume Total Gas yang Dihasilkan .....	29
4.2.3 Analisis Persentase Char, Tar, Gas .....	29
4.2.4 Analisis Persentase Kandungan Gas Hasil Gasifikasi Pada Temperatur 700°C .....	31
4.2.5 Analisis Nilai HHV Dari Gas Hasil Gasifikasi Pada Temperatur 700°C .....	32
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Hasil Eksperimen Dari 3 kondisi Proses Gasifikasi Biomassa .....	6
Tabel 4.1	Data Volume Total Gas Hasil Gasifikasi .....	26
Tabel 4.2	Data Nilai HHV dari Gas Hasil Gasifikasi Pada Temperatur 700°C .....	27
Tabel 4.3	Data Persentase massa Char/Ash, Tar, Gas .....	30
Tabel 4.4	Data Persentase Kandungan H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> .....	32



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
<i>Gambar 2.1</i>	Skema <i>Downdraft Gasifier</i> .....	9
<i>Gambar 2.2</i>	Skema <i>Updraft Gasifier</i> .....	9
<i>Gambar 2.3</i>	Reaksi pembentukan radikal bebas .....	12
<i>Gambar 3.1</i>	Sampah Organik .....	16
<i>Gambar 3.2</i>	Tungku / <i>furnace</i> .....	16
<i>Gambar 3.3</i>	<i>Thermocontroller</i> .....	17
<i>Gambar 3.4</i>	<i>Advantech USB-4718 Data Logger</i> .....	17
<i>Gambar 3.5</i>	<i>Sampling Bag</i> .....	18
<i>Gambar 3.6</i>	<i>Moisture analyzer</i> .....	19
<i>Gambar 3.7</i>	Timbangan elektrik .....	20
<i>Gambar 3.8</i>	<i>Gas Chromatography ( GC )</i> .....	20
<i>Gambar 3.9</i>	Skema alat pengujian .....	21
<i>Gambar 4.1</i>	Hubungan Temperatur Terhadap Waktu .....	28
<i>Gambar 4.2</i>	Volume Total Gas yang Dihasilkan .....	29
<i>Gambar 4.3</i>	Persentase Char/Ash, Tar, Gas .....	30
<i>Gambar 4.4</i>	Persentase gas H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> yang dihasilkan pada temperatur 700°C .....	31
<i>Gambar 4.5</i>	Nilai HHV dari Gas Hasil Gasifikasi pada temperatur 700°C .....	32



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Data histori temperatur biomassa
Lampiran 2.	Data Perhitungan Penambahan massa Air pada Sampah Organik
Lampiran 3.	Grafik GC ( <i>Gas Chromatography</i> )
Lampiran 4.	Dokumentasi Penelitian



## RINGKASAN

**Davin**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juni 2018, Pengaruh Kadar Air Terhadap Gasifikasi *Updraft* Sampah Organik, Dosen Pembimbing: Nurkholis Hamidi dan Redi Bintarto.

Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan perkembangan industri maka semakin besar pula jumlah sampah atau limbah yang dihasilkan. Di Indonesia pengolahan sampah yang sering dipakai adalah metode open dumping atau penampungan di TPA (Tempat pembuangan akhir). Sampah yang dibuang ke TPA biasanya berupa sampah organik dan sampah-sampah tersebut akan dibiarkan terurai secara alami. Sampah sendiri meskipun merupakan barang sisa akan tetapi sampah masih memiliki nilai kalor yang masih dapat dimanfaatkan. Gasifikasi adalah suatu metode konversi bahan padat atau cair yang mengandung hidrokarbon menjadi syngas dengan pemanasan pada temperatur tinggi dan pemasukan udara terbatas. Dari Proses Gasifikasi dihasilkan 3 produk yaitu char, tar, dan *syngas* ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{CO}$ ). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap hasil gasifikasi *updraft* sampah organik. Kadar air merupakan salah satu faktor yang akan mempengaruhi hasil dari gasifikasi.

Bahan baku yang digunakan adalah sampah organik. Sampah organik dipilih karena ketersediaannya yang berlimpah serta pengolahannya yang masih kurang maksimal. Dari penelitian ini variasi yang digunakan adalah variasi kadar air sebesar 1,3%; 10%; 20%; 30%. Gasifikasi dilakukan menggunakan gasifier tipe *updraft* selama 190 menit dan pemanasan sampai temperatur  $700^\circ\text{C}$  dengan berat sampah organik sebesar 200g. Komposisi gas akan diuji dengan gas chromatography. Sampel gas yang akan diuji diambil pada temperatur  $700^\circ\text{C}$ .

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa bertambahnya kadar air pada proses gasifikasi sampah organik dapat meningkatkan volume total gas yang dihasilkan. Dari pengujian Komposisi gas yang dilakukan terlihat bahwa meningkatnya kadar air pada sampah organik akan meningkatkan kandungan  $\text{H}_2$  akan tetapi menurunkan kandungan  $\text{CH}_4$ . Meningkatnya kandungan  $\text{H}_2$  disebabkan air yang terkandung di dalam biomassa akan membantu terjadinya reaksi *water gas reaction*

Kata Kunci : Sampah Organik, Kadar Air, Gasifikasi *Updraft*, *Syngas*.

## SUMMARY

**Davin**, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, May 2018, The Effect of Water Content Level on the Gasification Product of Organic Waste, Academic Supervisor: Nurkholis Hamidi and Redi Bintarto

The increasing number of population dan industrial development will increase the quantities of waste being generated. Open dumping is a waste processing method often used in Indonesia, in this method municipal waste was shelter in the landfill. The waste that is discharged to the landfill is usually organic waste and the garbage will be left to decompose naturally. although being underestimate as useless, garbage still has some calorific value that can still be utilized. Gasification is a method of converting solid or liquid materials containing hydrocarbons into syngas by heating at high temperatures and limited air intake. There are 3 product being produced from gasification process: char, tar, and syngas ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ , and  $\text{CO}$ ). The purpose of this study is to determine The Effect of Water Content on Syngas Production From Organic Waste Gasification. Water content is one of the factors that will affect the result of gasification.

The raw materials used are organic waste. Organic waste is selected because of its abundant availability and its unoptimal waste processing. The variation used in this research is water content variation of 1.3%; 10%; 20%; 30%. Gasification was done using updraft gasifier for 190 minutes with heating temperature to  $700^\circ\text{C}$  and the mass of organic waste is 200g. The gas composition will be tested with gas chromatography. The sample of the gas being tested is taken at a temperature of  $700^\circ\text{C}$ .

The results showed that the increase of water content in the gasification of organic waste can increase the total volume of gas produced. The composition of gas shows that increased water content in organic waste will increase the content of  $\text{H}_2$  but decrease the content of  $\text{CH}_4$ . Increasing the content of  $\text{H}_2$  due to water gas reaction in which water will react with carbon to produce  $\text{H}_2$

**Keywords** : Organic Waste, Water Content, Updraft Gasification, Syngas.





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan industri yang sangat pesat menyebabkan kebutuhan akan energi selalu meningkat setiap tahunnya. Energi yang kita gunakan sehari-hari sebagian besar masih bersumber dari energi fosil yang jumlahnya sangat terbatas. Oleh sebab itu diperlukan adanya sebuah sumber energi terbarukan yang nantinya akan menggantikan energi fosil.

Sampah merupakan sisa atau bagian yang tidak digunakan dari suatu proses produksi industri maupun domestik (rumah tangga). Meskipun merupakan bahan sisa, sampah masih memiliki nilai guna yang dapat dimanfaatkan. Kota-kota besar di dunia mampu menghasilkan 1,3 miliar ton sampah setiap tahunnya. Indonesia diperkirakan menghasilkan sampah organik sebanyak 37,492 juta ton dan sampah anorganik mencapai 27,508 juta ton. Dengan jumlah sampah yang sebanyak itu apabila tidak dibarengi dengan pengolahan yang tepat maka akan berdampak pada lingkungan dan makhluk hidup yang ada di dalamnya. Sebagai contoh pencemaran sungai oleh sampah rumah tangga dapat mengganggu ekosistem yang ada di sungai. Sehingga diperlukan adanya suatu cara pengolahan sampah yang efektif dan tepat guna (Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2015)

Pengolahan sampah dapat dibagi menjadi 3 yaitu: pengolahan limbah dengan mengurangi dampak ke lingkungan, pengolahan limbah dengan mendaur ulang dan pengolahan limbah dengan pembuangan ke suatu tempat penampungan (diisolasi). Pengolahan limbah dengan cara penampungan merupakan cara yang paling sering digunakan di negara berkembang karena membutuhkan biaya yang tidak terlalu besar serta penerapannya yang mudah, akan tetapi pada sistem pengolahan ini terdapat beberapa kelemahan seperti bau yang tidak sedap, dan terbatasnya ketersediaan ruang.

Sebelumnya untuk membandingkan nilai kalor dari berbagai jenis sampah (Novita, Damanhuri, 2010) melakukan percobaan perhitungan nilai kalor berdasarkan komposisi dan karakteristik sampah perkotaan di Indonesia dalam konsep *waste to energy*. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai jenis sampah kertas, sampah makanan, plastik, sampah kebun, tekstil & karet, kompos. Dalam penelitian tersebut didapatkan bahwa

plastik memiliki nilai kalor yang paling tinggi yaitu berkisar antara 5000-13000 kkal/kg kering, diikuti dengan sampah makanan dengan nilai kalor sebesar 4400-9800 kkal/kg kering, kemudian sampah tekstil 4200-4800 kkal/kg kering, sampah kebun 4000-4700 kkal/kg kering, dan kompos 1600-2100 kkal/kg kering. Dari data diatas dapat dikatakan bahwa sampah masih memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat dimanfaatkan kembali menjadi energi (*waste to energy*) dengan metode: inersiasi, pirolisis, dan gasifikasi.

Gasifikasi adalah suatu proses konversi energi yang mengubah bahan padat atau cair menjadi *syngas* yang akan dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan bagi kehidupan manusia.

Baredar,dkk 2014 melakukan penelitian mengenai efek kadar air terhadap efisiensi gasifikasi dengan *downdraft gasifier*. Penelitian ini dilakukan menggunakan bahan baku campuran kayu dan minyak mustard (minyak dari sejenis biji-bijian). Dari hasil penelitian tersebut seiring bertambahnya kadar air maka efisiensi dan daya yang dihasilkan semakin menurun. Penelitian tersebut lebih difokuskan pada pengaruh kadar air terhadap efisiensi dari gasifikasi sedangkan kandungan *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi tidak dibahas atau diteliti padahal kandungan *syngas* yang dihasilkan pada proses gasifikasi merupakan salah satu parameter yang penting.

Dari penjelasan diatas maka penulis melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Kadar Air Terhadap Hasil Gasifikasi *Updraft* Sampah Organik Pada Temperatur 700°C” untuk mengetahui efek kadar air terhadap hasil gasifikasi sampah organik

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, permasalahan yang dapat dirumuskan adalah: bagaimana pengaruh kadar air pada sampah organik terhadap hasil gasifikasi pada temperatur 700°C.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan – batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini data yang diambil berupa laju pemanasan selama gasifikasi, volume total gas dan kandungan gas hasil gasifikasi.
2. Bahan yang digunakan adalah sampah organik dari TPST Dau, Malang
3. *Gasifier* yang digunakan adalah tipe *Updraft*
4. Sampel kandungan gas diambil pada temperatur 700°C
5. Kandungan gas yang diteliti hanya gas H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>

#### 1.4 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar air pada sampah organik terhadap hasil gasifikasi pada temperatur 700°C

#### 1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan data penelitian yang nantinya dapat dibandingkan dengan proses gasifikasi yang lain
2. Sebagai referensi atau pedoman untuk penelitian teknologi gasifikasi selanjutnya
3. Dapat Menjadi salah satu cara pengolahan sampah yang ada di perkotaan.







## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai gasifikasi biomassa telah banyak dilakukan, setiap penelitian yang dilakukan memiliki karakteristik, pemilihan bahan dan tujuan yang berbeda-beda. Berikut beberapa contoh penilitan yang sudah pernah dilakukan sebelumnya dan digunakan sebagai referensi dalam melakukan penelitian ini:

Widyawidura dkk, 2017, melakukan penelitian mengenai gasifikasi beberapa jenis sampah organik dengan menggunakan *Updraft fix bed reactor*. Jenis sampah organik yang digunakan adalah pelet serbuk gergaji, ranting kayu dan sekam padi. Dari hasil percobaan tersebut didapatkan bahwa sekam padi memiliki laju kenaikan suhu yang lebih cepat dibandingkan pelet serbuk gergaji dan ranting kayu. Akan tetapi nyala api *syngas* sekam padi hanya mampu menyala selama 15 menit sedangkan nyala api *syngas* pada serbuk gergaji dan ranting kayu mampu menyala sampai 30 menit dan 45 menit. Hal ini dikarenakan jenis bahan akan mempengaruhi distribusi suhu proses gasifikasi.

Partha, 2010 melakukan anilisis penggunaan sampah organik yang ada di TPA sebagai pembangkit listrik. Penelitian tersebut dilakukan dengan membandingkan besarnya daya yang dapat dihasilkan dari sampah organik dengan metode *thermal converter* dan metode gasifikasi. Dari Hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan didapatkan bahwa daya yang dihasilkan dengan teknologi *thermal konverter* rata-rata sebesar 6 MW per unit atau sama dengan 144 MWh dan dengan teknologi gasifikasi dapat membangkitkan listrik sebesar 4,128 MW per unit atau sama dengan 99,072 MWh, dengan efisiensi pembangkitan sebesar 30%.

Baredar dkk, 2014, melakukan penelitian mengenai efek kadar air terhadap efisiensi gasifikasi menggunakan *gasifier downdraft* dengan bahan baku kayu dan minyak mustard. Penelitian ini dilakukan pada bahan baku dengan kadar air 15%, 30%, 45%. Dan dari percobaan yang dilakukan didapatkan masing-masing sebesar 65%, 52%, 37% sedangkan untuk daya yang dihasilkan didapatkan nilai sebesar 8 kW, 5.2 kW, 4.1 kW. Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar air pada bahan baku maka efisiensi dan daya yang dihasilkan cenderung menurun.

Yaghoubi dkk, 2018, pernah melakukan analisis efek dari berbagai parameter operasional untuk menghasilkan *syngas* yang kaya akan hidrogen dengan menggunakan

*fluidized bed gasifier*. Kondisi kerja dan parameter yang diteliti diantaranya temperatur, laju aliran inlet, gasifying agent, kelembaban, ukuran partikel dan ukuran reaktor untuk mendapatkan kondisi optimal dalam produksi hidrogen. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa penggunaan *steam* sebagai *gasifying agent* menghasilkan hidrogen yang lebih banyak daripada menggunakan udara. Selain itu, diketahui juga bahwa pada temperatur 800-820°C dan rasio *steam/biomass* setara 1,3 paling cocok untuk kondisi produksi hidrogen. Dengan memperkecil diameter reaktor dan partikel biomassa juga akan meningkatkan produksi hidrogen.

Zeng dkk, 2016, melakukan penelitian untuk membandingkan performa dari BSMG (*Biomass self-moisture Gasification*), BSG (*Biomass Steam Gasification*), DBP (*Dry Biomass Pyrolysis*). Data yang dianalisis diantaranya: komposisi kumulatif gas, ratio hidrogen dan karbon monoksida ( $H_2/CO$ ), LHV (*Lower Heating Value*) dan gas yang dihasilkan.

Tabel 2.1  
Hasil Eksperimen Dari 3 kondisi Proses Gasifikasi Biomassa

	DBP	BSMG	BSG
Gas Composition (vol%)			
CO <sub>2</sub>	28.36	23.66	25.49
CO	34.32	35.22	33.57
CH <sub>4</sub>	13.60	14.97	12.42
H <sub>2</sub>	23.72	26.15	28.52
H <sub>2</sub> /Co ratio(mol mol <sup>-1</sup> )	0.6909	0.7421	0.9172
LHV (MJ Nm <sup>-3</sup> )	11.77	12.64	11.77
Gas yield (Nm <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )	0.8521	0.9747	0.7838

Sumber: Zeng,dkk (2016)

Dari Tabel di atas dapat dilihat bahwa BSMG menghasilkan jumlah gas yang paling banyak sedangkan BSG memiliki perbandingan  $H_2/CO$  paling tinggi karena *steam* akan membantu terjadinya *water shift reaction* sedangkan adanya kadar air pada biomassa akan meningkatkan reaksi *methanation* sehingga kandungan CH<sub>4</sub> paling tinggi terdapat pada proses BSMG.

Setelah mengamati dan mempelajari penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan mengenai proses gasifikasi, penulis mendapati bahwa besarnya kadar air pada gasifikasi mempunyai peran yang penting terhadap hasil gasifikasi. Penelitian yang akan dilakukan penulis menggunakan sampah organik. Sampah organik dipilih karena ketersediannya yang cukup banyak serta pengolahannya yang masih kurang maksimal.

## 2.2 Kadar Air

Kadar air suatu bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan yang dapat dinyatakan dalam persen berat basah (*wet basis*) atau dalam persen berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100%, sedangkan kadar air berat kering dapat lebih dari 100%. Kadar air berat basah adalah perbandingan antara berat air yang ada dalam bahan dengan berat total bahan sedangkan Kadar air berat kering adalah perbandingan antara berat air yang ada dalam bahan dengan berat padatan yang ada dalam bahan. Pengukuran kadar air secara praktis dapat dilakukan menggunakan *moisture analyzer*

Kadar air basis kering adalah berat bahan setelah mengalami pengeringan dalam waktu tertentu sehingga beratnya konstan. Pada proses pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan, meskipun demikian hasil yang diperoleh disebut juga sebagai berat bahan kering. (Rachmawan, 2001).

$$\text{Water Added} = [(DM \times DWB) / (100 - DM)] - MB \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

*Water Added* : Massa air yang ditambahkan ke spesimen (g)

DM : Kadar Air yang diharapkan (%)

DWB : Massa spesimen kering yang digunakan (g)

MB : Kandungan air di dalam spesimen (%)

Sumber: (Arthur;2016)

Dalam penelitian ini massa air yang ditambahkan ke dalam spesimen yang sudah dikeringkan didapatkan dari perhitungan persamaan 2.1 . Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air ledeng/ air keran, yang mana masih terdapat zat pengotor di dalam air.

## 2.3 Gasifikasi

Gasifikasi adalah salah satu metode mengubah bahan padat atau cair yang mengandung hidrokarbon menjadi gas yang mudah terbakar dengan pemanasan pada temperatur tinggi dan dengan pemasukan udara yang terbatas. Tujuan dari gasifikasi adalah untuk menghasilkan sumber energi dalam bentuk gas sintetik (*syngas*) yang memiliki sifat mudah terbakar. Proses gasifikasi terjadi di dalam reaktor yang biasa disebut *gasifier*. Gas yang dihasilkan pada proses gasifikasi banyak mengandung CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> yang mana memiliki

sifat mudah terbakar. Gas- gas inilah yang akan dipakai untuk menggantikan fungsi bahan bakar fosil yang ketersediannya semakin lama semakin menipis.

Bahan baku yang dipakai pada proses gasifikasi haruslah bahan baku yang mengandung hidrokarbon seperti: batu bara, kelapa sawit, dll. Ketersedian bahan baku yang mengandung hidrokarbon sangat banyak tersedia di alam sehingga gasifikasi sangat cocok menjadi salah satu solusi alternatif permasalahan kebutuhan energi.

Beberapa keunggulan dari teknologi gasifikasi yaitu :

1. Mampu menghasilkan produk gas yang konsisten yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik.
2. Mampu memproses beragam input bahan bakar termasuk batu bara, minyak berat, biomassa, berbagai macam sampah kota dan lain sebagainya.
3. Mampu mengubah sampah yang bernilai rendah menjadi produk yang bernilai lebih tinggi.
4. Mampu mengurangi jumlah sampah padat.

### 2.3.1 Jenis-jenis Gasifikasi

Seiring dengan banyaknya penelitian mengenai gasifikasi perbaikan dari segi desain gasifier maupun sistem gasifikasi terus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang semakin optimal. Berdasarkan mode gasifikasinya *gasifier* dapat dibagi menjadi:

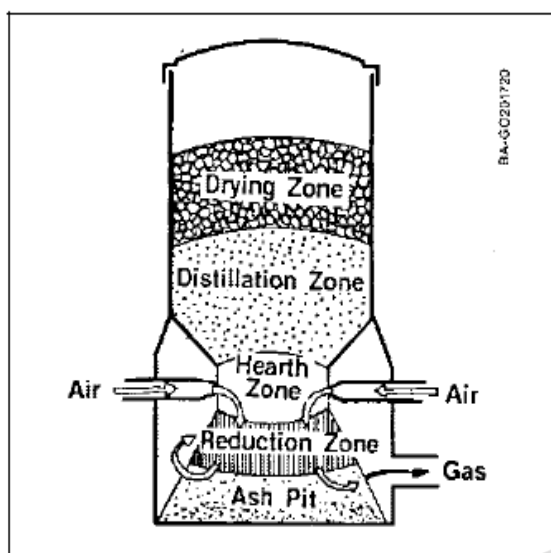
#### a) *Fixed bed*

Merupakan tipe gasifikasi yang paling sederhana, lebih cocok untuk penggunaan skala kecil. Unggun yang dipakai berupa partikel padat dimana udara masuk melalui bagian atas atau bawah. Gasifikasi ini dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

##### 1) *Downdraft Gasifier*

*Gasifier* jenis ini cocok untuk mengubah bahan bakar *volatile* tinggi (kayu, biomassa) menjadi gas tar rendah dan oleh karena itu menjadi desain yang paling berhasil untuk pembangkit tenaga listrik. Udara pada *gasifier downdraft* masuk melalui bagian atas dan gas hasil pembakaran keluar melalui bagian bawah sehingga gas yang dihasilkan lebih bersih karena tar dan minyak akan terbakar saat melewati bagian *reduction zone*.

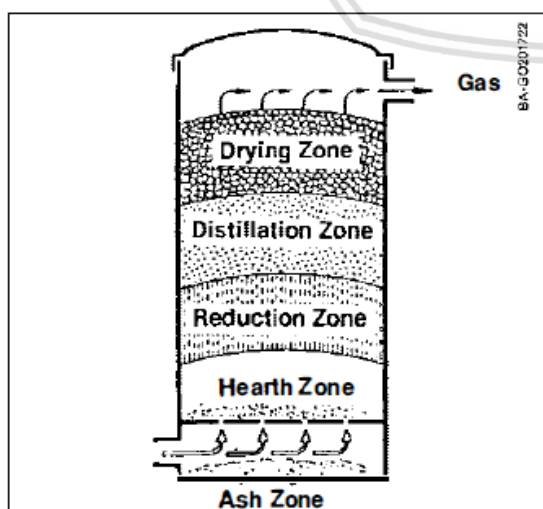




Gambar 2.1 Skema *Downdraft Gasifier*  
Sumber: Reed (1988; p.30)

## 2) *Updraft Gasifier*

*Updraft gasifier* memiliki aliran udara yang mengalir ke atas. Banyak digunakan untuk gasifikasi batu bara dan bahan bakar *nonvolatile* seperti arang dengan tingkat produksi tar yang tinggi (5% -20%) (Reed, 1988) membuat *Gasifier* ini tidak praktis untuk bahan bakar volatil tinggi dimana diperlukan gas bersih. Udara masuk melalui bagian bawah gasifier dan gas mampu bakar keluar dari bagian atas. Abu sisa pembakaran akan jatuh ke bagian bawah karena gaya gravitasi. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *gasifier* tipe *Updraft* karena *Updraft Gasifier* cocok untuk bahan bakar dengan kandungan air tinggi (Goswami, 1986).



Gambar 2.2 Skema *Updraft Gasifier*  
Sumber: Reed (1988; p.30)

### b) *Fluidized Beds*

*Fluidized Beds* banyak dipilih untuk memproduksi energi lebih dari 40 GJ (th) / h atau setara 40 MBtu (th) / hl. Bahan baku yang digunakan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil. Di dalam *Fluidized Beds*, udara naik melalui sebuah parit dengan kecepatan cukup tinggi untuk mengangkat partikel di atas parit, sehingga membentuk “unggun terfluidisasi”. Di atas unggun terdapat sebuah bejana yang diameternya semakin membesar sehingga menyebabkan kecepatan gas menurun dan menyebabkan partikel disirkulasi ke dalam *Beds* itu sendiri. Hasil resirkulasi menghasilkan perpindahan panas dan massa yang tinggi antara aliran partikel dan gas. (Reed, 1988)

### 2.3.2 Proses yang Terjadi Pada Gasifikasi

Proses konversi panas dengan bahan baku biomassa pasti akan melalui salah satu atau semua proses dibawah ini:.

- Pirolisis: Biomassa + *Heat* → *oil, gas*
- *Gasification*: Biomassa + *Limited oxygen* → *Fuel gas*
- *Combustion* (pembakaran): Biomassa+ *Stoichiometric oxygen* → *Hot combustion products*

Gasifikasi merupakan proses pemutusan rantai panjang hidrokarbon menjadi molekul-molekul yang lebih kecil dalam bentuk gas dengan cara pemanasan pada temperatur tinggi dan dengan pemasukan udara yang terbatas. Sisa dari proses gasifikasi akan menghasilkan bahan buangan berupa char dan tar. Char merupakan sisa bahan baku gasifikasi yang tidak ikut berubah menjadi gas. Tar merupakan hasil kondensasi gas yang keluar dari *gasifier*.

Tahapan proses gasifikasi pada biomassa meliputi proses pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi

#### 1) Proses pengeringan

Proses pengeringan merupakan proses menguapnya air yang masih terkandung dalam bahan baku yang akan digasifikasi. Proses ini berlangsung pada temperatur 100°C – 300°C.

#### 2) Proses pirolisis

Proses pirolisis merupakan proses dekomposisi *thermal* bahan hidrokarbon, dengan pemanasan sampai suhu antara 150°C - 800°C. Terdapat 3 produk hasil pirolisis yaitu: gas ringan (H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>), char dan tar. Pada pirolisis terjadi pemisahan *volatile matter* (uap air, cairan organik dan gas yang tidak terkondensasi) dari arang dan padatan berkarbon bahan baku

### 3) Proses oksidasi

Proses oksidasi atau pembakaran adalah proses yang melibatkan 3 unsur penting yaitu bahan bakar, panas, udara (oksigen). Oksidasi bertujuan untuk menghasilkan panas untuk mengkonversi atau mengoksidasi hampir semua produk terkondensasi dari proses pirolisis. Agar panas yang dihasilkan merata di dalam reaktor maka diperlukan pemilihan kecepatan udara dan geometri gasifier yang baik.

### 4) Proses Reduksi

Proses reduksi adalah proses yang melibatkan reaksi *endotermik*. Produk yang dihasilkan dari produk reduksi adalah terbentuknya gas mampu bakar atau yang biasa disebut *syngas* ( $H_2$ , CO, dan  $CH_4$ ). Reaksi yang terjadi pada proses reduksi diantaranya sebagai berikut:

- *Water gas reaction*:  $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO - 131,38 \text{ kJ/mol}$

Merupakan reaksi yang terjadi antara karbon dari sisa hasil pirolisis dengan uap air yang ada untuk menghasilkan gas  $H_2$  dan CO

- *Boudouard reaction*:  $CO_2 + C \rightarrow 2CO - 172,58 \text{ kJ/mol}$

Merupakan reaksi antara karbon monoksida yang ada di *gasifier* dengan arang

- *Shift conversion*:  $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 - 41,98 \text{ kJ/mol}$

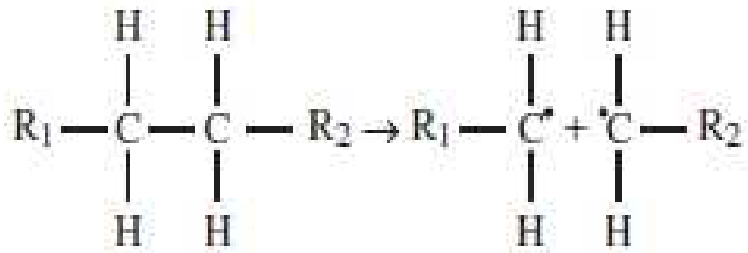
Merupakan reaksi antara karbon monoksida yang ada di *gasifier* dengan uap air untuk menghasilkan gas hidrogen. Reaksi ini meningkatkan perbandingan antara gas hidrogen dengan gas karbonmonoksida

- *Methenation*:  $C + 2H_2 \rightarrow CH_4 - 74,90 \text{ kJ/mol}$

Merupakan reaksi terbentuknya gas metana ( $CH_4$ )

### 2.3.3 Thermal Cracking

*Thermal cracking* merupakan proses pemecahan struktur kimia ikatan karbon dengan karbon (C – C) pada rantai panjang dengan menggunakan kalor (panas) Sehingga rangkaian ikatan karbon yang panjang tersebut dapat menjadi rangkaian ikatan karbon yang lebih sederhana. Dimana proses tersebut bertujuan untuk mengkonversi kandungan pada biomassa menjadi produk yang mampu bakar (Sadeghibeigi, 2012). Proses reaksi utama pada *thermal cracking* adalah terbentuknya radikal bebas. Radikal bebas merupakan molekul yang tidak mempunyai pasangan elektron dan sangat reaktif sehingga menyebabkan menarik pasangan elektron lainnya. Radikal bebas terbentuk akibat terputusnya ikatan rantai karbon. Berikut merupakan contoh reaksi pemutusan ikatan karbon yang diakibatkan oleh energi panas yang menyebabkan terbentuknya radikal bebas.



Gambar 2.3 Reaksi pembentukan radikal bebas  
Sumber : Sadeghibeigi ( 2012 )

### 2.3.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi

(Putri G.A, 2009) Faktor –faktor yang mempengaruhi gasifikasi diantaranya:

#### 1. Kandungan energi

Semakin tinggi kandungan energi yang dimiliki biomassa maka semakin besar potensi sumber energi yang dihasilkan.

#### 2. Kadar air (*moisture content*)

Kadar air bahan baku yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *heat loss* yang berlebihan karena energi panasnya banyak diserap oleh air untuk melakukan proses penguapan.

#### 3. Debu

Semua bahan baku gasifikasi menghasilkan *dust* (debu). Adanya dust ini dapat menyumbat saluran yang ada pada gasifier.

#### 4. Tar

Tar merupakan senyawa organik yang dihasilkan dari proses *thermal* atau oksidasi partial (gasifikasi) dari bahan organik, yang sebagian besar kandungannya diasumsikan sebagai zat aromatik. (Basu, 2010, p.98)

#### 5. Char/Ash.

*Char* merupakan sisa karbon dari proses pirolisis, selain karbon di dalam char juga terkandung *volatile* dan *ash*. sedangkan *Ash* merupakan kandungan mineral yang terdapat pada bahan baku yang tetap berupa oksida setelah proses pembakaran. (Basu,2010, p.108)

#### 6. Air Fuel Ratio

*Air Fuel Ratio* merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam gasifikasi karena dalam proses gasifikasi dan pembakaran dibutuhkan perbandingan udara dan bahan bakar yang tepat agar proses pembakaran atau pemasukan kalor bisa berlangsung secara maksimal.

## 7. Desain *gasifier*

Terdapat berbagai jenis dan desain *gasifier*, yang mana memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pemilihan tipe dan desain *gasifier* harus disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan karena Desain *gasifier* akan mempengaruhi seluruh proses gasifikasi yang berlangsung

## 8. *Gasifying Agent*

*Gasifying agent* yang sering digunakan adalah  $H_2O$  dan udara. Penggunaan jenis *gasifying agent* mempengaruhi kandungan gas yang dimiliki oleh *syngas*. Penggunaan  $H_2O$  sebagai *gasifying agent* menghasilkan *syngas* dengan kandungan  $H_2$  yang lebih banyak daripada menggunakan udara karena terjadi *water gas reaction* antara karbon dan uap air untuk menghasilkan hidrogen .

### 2.4 *Syngas*

*Syngas* atau *synthetic gas* merupakan bahan bakar gas yang terdiri dari hidrogen ( $H_2$ ), karbon monoksida ( $CO$ ), dan metana ( $CH_4$ ) Dimana gas tersebut merupakan gas yang mudah terbakar. *Syngas* merupakan hasil akhir yang diinginkan dari suatu proses gasifikasi. *Syngas* adalah bahan bakar yang diharapkan akan mampu menggantikan fungsi bahan bakar fosil yang sudah semakin terbatas ketersediannya. *Syngas* yang dihasilkan pada proses gasifikasi dipengaruhi oleh jenis biomassa, jenis agen gasifikasi dan suhu operasi.

### 2.5 Sampah Organik

Zahra, Dahmanhuri (2011). Sampah organik merupakan sampah yang dapat dengan cepat terurai, terdegradasi atau membusuk, terutama yang berasal dari sisa makanan. Sampah jenis ini mudah terdekomposisi karena aktivitas mikroorganisme Sehingga dalam pengolahannya perlu dilakukan dalam waktu yang sesingkat mungkin baik dalam pengumpulan, pemrosesan maupun pengangkutan.

Penentuan komposisi sampah organik yang ada di TPA/TPS sangatlah kompleks bahkan dapat dikatakan tidak mungkin bisa presisi karena komposisi sampah organik setiap tempat dan waktu pengambilan sampel akan menghasilkan komposisi yang berbeda-beda sehingga Dalam penelitian ini penulis membagi sampah kedalam 2 golongan yaitu:

#### a) Sampah dapur

Yang termasuk ke dalam golongan sampah dapur adalah sampah yang dihasilkan dari kebiasaan konsumsi makanan manusia seperti sampah buah-buahan, dan sayur-sayuran.



b) Sampah daun dan tanaman

Sampah daun dan tanaman adalah sampah organik yang dihasilkan oleh tumbuhan baik berupa daun, ranting, dahan yang jatuh atau patah dari tumbuhan tersebut. Sampah tersebut biasanya didapat dari sapuan halaman rumah atau taman. Dalam pengolahannya sampah jenis ini lebih sering dibuat kompos atau dibakar secara langsung.

## 2.6 Hipotesis

Berdasarkan penelitian sebelumnya dan studi literatur yang dilakukan, penulis membuat sebuah hipotesis bahwa kadar air di dalam bahan baku yang digunakan akan mempengaruhi hasil gasifikasi. Dimana, kadar air akan meningkatkan kuantitas dari gas yang dihasilkan. Di sisi lain, adanya kadar air memungkinkan meningkatkan kandungan Hidrogen karena adanya atom H pada air.



### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini penulis meneliti tentang pengaruh gasifikasi sampah organik dengan kadar air tertentu pada temperatur 700°C. Jadi kadar air bahan bakunya dibuat bervariasi dengan tujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil *syngas* dari proses gasifikasi sampah organik.

#### **3.1 Metode Penelitian**

Penelitian dilakukan secara eksperimen dimana penulis melakukan proses gasifikasi sampah organik secara langsung dengan alat dan bahan yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu untuk mengetahui kandungan dari *syngas* hasil gasifikasi

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dimulai pada bulan Maret 2018 bertempat di Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Terdapat 3 variabel di dalam penelitian ini diantaranya variabel bebas dimana variabel yang besarnya ditentukan dan variabel ini dijadikan sebagai acuan dari berlangsungnya penelitian ini. Variabel terikat merupakan variabel yang hasilnya dipengaruhi variabel bebas, serta variabel terkontrol yang merupakan kondisi yang harus dijaga agar penelitian ini dapat dianggap benar.

##### **3.3.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi kadar air pada sampah organik sebesar 1,3%; 10%; 20%; 30%.

##### **3.3.2 Variabel Terikat.**

Variabel terikat dari penelitian ini adalah Laju pemanasan, Volume gas total, Presentase total Kandungan gas hasil gasifikasi.

### 3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah massa sampah organik sebesar 200 gram, temperatur pemanasan sebesar  $700^{\circ}\text{C}$ , waktu penelitian 190 menit, temperatur awal gasifikasi  $25\text{-}33^{\circ}\text{C}$

## 3.4 Alat dan bahan penelitian

### 3.4.1 Bahan

#### A. Sampah Organik

Sampah Organik merupakan bahan utama dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Sampah Organik

### 3.4.2 Alat & Skema Penelitian

#### 1. Tungku Biomassa / *Furnace*

Tungku biomassa / *furnace* merupakan tempat dimasukkannya spesimen untuk dipanaskan.

Spesifikasi:

- Diameter : 20 cm
- Tinggi : 100 cm
- Material : Baja



Gambar 3.2 Tungku / *furnace*

## 2. Thermocouple

Pada instalasi ini terdapat dua buah *thermocouple*. *Thermocouple* yang pertama berfungsi mengukur temperatur *heater* yang akan terbaca oleh *thermocontroler* dan *thermocouple* yang kedua terpasang di dalam tungku untuk mengukur temperatur biomassa yang ada didalam tungku. Kedua *thermocouple* tersebut merupakan *thermocouple* tipe K. Termokopel tipe K dapat dipakai pada rentang temperatur yang besar (-270 sampai 1.260°C).

## 3. Thermocontroller

*Thermocontroller* digunakan untuk mengatur arus yang masuk ke dalam *heater* sehingga dapat mengatur temperatur di dalam *gasifier*, *thermocontroler* ini juga berfungsi sebagai saklar dari *gasifier*.



Gambar 3.3 Thermocontroller

## 4. Heater

*Heater* berfungsi menghasilkan panas, untuk memanaskan *gasifier*. Heater yang digunakan membutuhkan daya listrik 2200 W

## 5. Data Logger

*Data logger* digunakan untuk mengubah data analog dari *thermocouple* menjadi data digital yang akan ditampilkan melalui laptop



### Specifications

#### Analog Input

▪ Channels	16 single-ended/ 8 differential (software programmable)
▪ Resolution	16 bits
▪ Max. Sampling Rate	200 kS/s (for USB 2.0)

Gambar 3.4 Advantech USB-4718 Data Logger

## 6. Laptop

Laptop digunakan untuk menampilkan data dari *data logger* dalam bentuk fungsi temperatur dan waktu selama 190 menit.

## 7. Tabung Elemeyer

Tabung elemeyer digunakan untuk menampung kandungan *tar* yang terkondensasi pada proses gasifikasi.

## 8. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume total gas yang dihasilkan selama proses gasifikasi berlangsung.

Spesifikasi:

- Diameter: 5,54 cm
- Tinggi : 60 cm
- Bahan : Plastik mika

## 9. Sampling Bag

*Sampling bag* digunakan untuk menampung sampel gas hasil gasifikasi pada temperatur 700°C yang akan diuji kandungannya.



Gambar 3.5 Sampling Bag

Spesifikasi:

- Merk: Tedlar
- Volume: 1 Liter
- Model / Kode Produksi : GD0707-7000
- Dimensi: 7 inch × 7 inch

## 10. Oven

Digunakan sebagai tempat untuk mengurangi kadar air dari sampah organik.



Spesifikasi:

- Merk: Maspion s301
- Daya Listrik : 600 Watt
- Tegangan : 220 V; 50 Hz

#### 11. *Moisture Analyzer*

Pada penelitian ini *Moisture Analyzer* digunakan untuk mengukur kadar air sampah organik.



Gambar 3.6 *Moisture analyzer*

Spesifikasi :

- *Type* : MOC-120H
- *Measurement Format* : Evaporation weight loss method
- *Sample weight* : 0,5-120 g
- *Minimum display* : Moisture content 0,01%; weight : 0.001 g
- *Measurable quantities* : Moisture content (wet and dry base), weight, solid.
- *Heater temperature* : 30-200°C
- *Display* : Backlit LCD (137 x 43mm)
- *Heat source* : 625 Watt
- *Power Supply* : AC 100-120 / 220-240 V (50/60 Hz)
- *Power consumption* : Max 640 Watt

#### 12. Timbangan Elektrik

Timbangan elektrik digunakan untuk menimbang massa dari sampah organik dan massa air yang ditambahkan sebelum proses gasifikasi berlangsung. Timbangan elektrik juga dipakai untuk menimbang massa dari char dan tar setelah proses gasifikasi



Gambar 3.7 Timbangan elektrik

Spesifikasi :

- Merk : ACIS BC 500
- Kapasitas maksimal : 500 gram

### 13. Gas Chromatography ( GC )

*Gas Chromatography* ( GC ) merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis kandungan komposisi kimia pada gas untuk mengidentifikasi zat-zat berbeda dalam suatu sampel. Pada penelitian ini GC digunakan untuk menguji kandungan komposisi kimia pada gas hasil gasifikasi.



Gambar 3.8 Gas Chromatography ( GC )

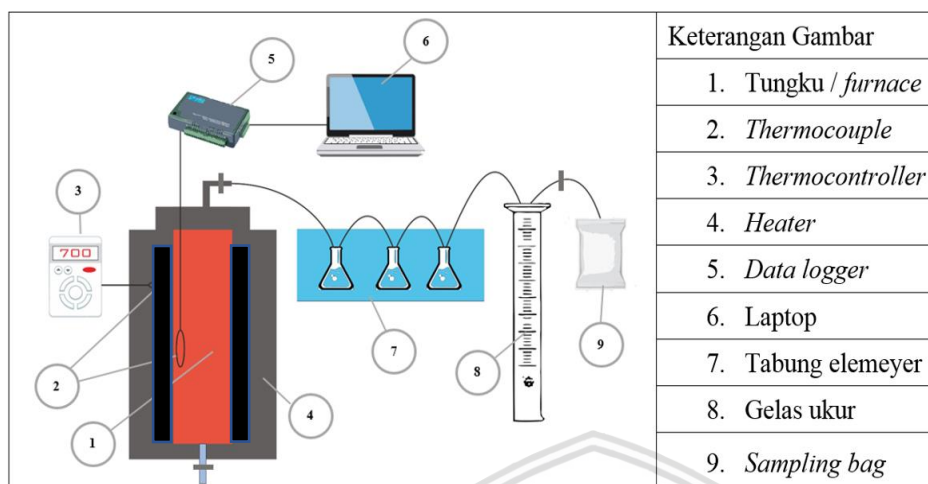
Spesifikasi :

- Merk : Agilent teknologi 5973 inert MSD

### 14. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk menghitung durasi waktu dalam proses pencatatan temperatur dalam penelitian.

## 15. Instalasi Gasifier



Gambar 3.9 Skema alat pengujian

### 3.5 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini ada dua prosedur utama, yang pertama adalah persiapan pengujian dan pengambilan data.

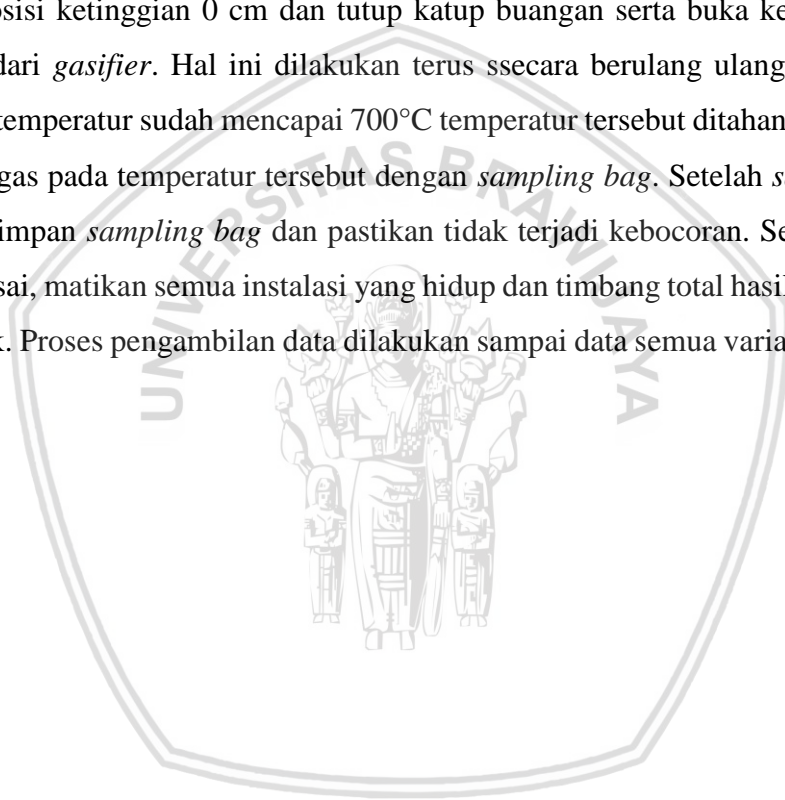
#### a) Persiapan Pengujian

Sebelum melakukan gasifikasi, sampah organik yang sudah diambil dari TPST DAU dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil kemudian dikeringkan dengan bantuan panas matahari sampah yang sudah kering kemudian diblender hingga menjadi bentuk serbuk. Spesimen yang sudah berbentuk serbuk kemudian dipanaskan kembali menggunakan oven selama 4-5 jam pada temperatur 110°C untuk menurunkan kadar airnya. Sampel yang sudah dipanaskan menggunakan oven selanjutnya diuji kadar airnya Pengujian kadar air dilakukan menggunakan *Moisture Analyzer*. Apabila kadar air sampah masih diatas 2% maka sampah organik akan dipanaskan lagi dioven dan dicek kadar airnya setiap 15 menit. Sampah yang sudah memiliki kadar air dibawah 2% kemudian diaduk agar tercampur merata. Sampah organik yang sudah diaduk kemudian ditimbang dan ditambahkan air sesuai dengan variabel bebas yang sudah ditentukan sebelumnya.

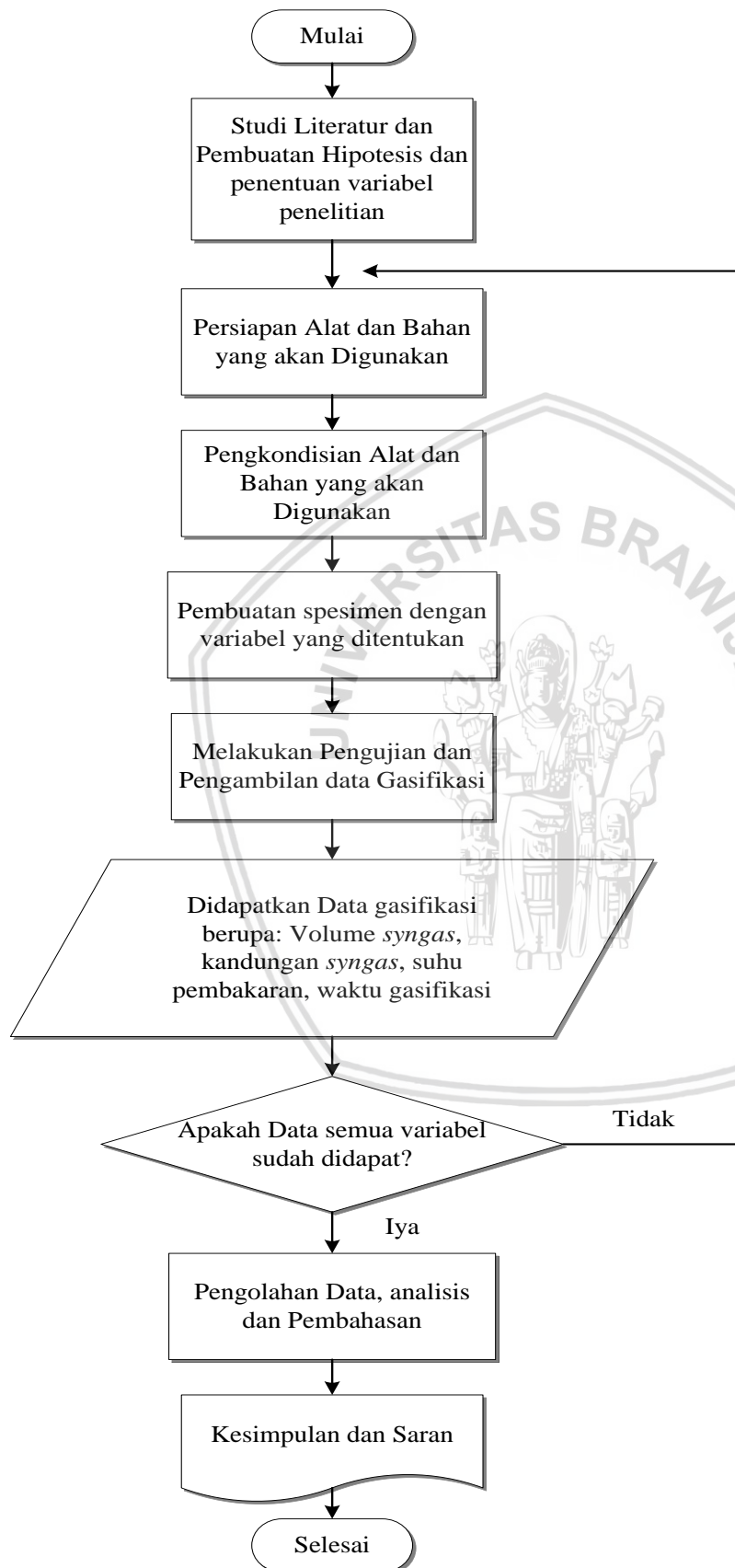
#### b) Pengambilan Data

Setelah spesimen telah siap langkah selanjutnya adalah proses gasifikasi dari spesimen tersebut. Gasifikasi dilakukan dengan cara memasukkan sampel ke dalam tungku setelah itu, tungku gasifikasi ditutup hingga rapat dan pastikan bahwa instalasi tersebut tidak terjadi kebocoran gas agar volume gas yang di hitung sesuai. Setelah

dipastikan tidak ada kebocoran pada instalasi tersebut, buka katup keluaran *gasifier* sehingga gas dapat mengalir melewati tungku gasifikasi hingga keluar menuju tabung elemeyer dan gelas ukur. Tutup katup *inlet* yang ada dibawah tungku gasifikasi dan katup keluaran dari gelas ukur. Hidupkan saklar pada *thermocontroler* atur temperatur sesuai yang diinginkan dan secara bersamaan tekan tombol *start* pada aplikasi *data logger*. Selama proses gasifikasi berjalan catat waktu dan temperatur gas yang dihasilkan setiap penurunan ketinggian air 50 cm. Saat air di gelas ukur sudah mencapai 50 cm tutup katup keluaran dari *gasifier* dan buka katup buangan agar gas tersebut bisa dibuang keluar dari gelas ukur. Setelah gas di dalam gelas ukur keluar maka air di dalam gelas ukur akan kembali ke posisi ketinggian 0 cm dan tutup katup buangan serta buka kembali katup keluaran gas dari *gasifier*. Hal ini dilakukan terus ssecara berulang ulang selama 190 menit. Ketika temperatur sudah mencapai 700°C temperatur tersebut ditahan konstan dan ambil sampel gas pada temperatur tersebut dengan *sampling bag*. Setelah *sampling bag* terisi penuh, simpan *sampling bag* dan pastikan tidak terjadi kebocoran. Setelah proses gasifikasi selesai, matikan semua instalasi yang hidup dan timbang total hasil tar dan char yang terbentuk. Proses pengambilan data dilakukan sampai data semua variabel kadar air didapatkan.



### 3.6 Skema Penelitian







## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pengolahan Data

Data yang diambil dalam penelitian yang dilakukan penulis diantaranya data temperatur *heater*, temperatur di dalam *gasifier* (dengan bantuan *data logger*), volume gas, dan kandungan gas yang dihasilkan pada saat temperatur 700°C.

#### 4.1.1 Perhitungan Laju Pemanasan

Data temperatur dan waktu didapat dari *data logger* yang terhubung ke *thermocouple type-K*. Laju pemanasan dapat didapatkan dengan persamaan :

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}}}{\Delta t} \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan

$\frac{\Delta T}{\Delta t}$  = Laju Pemanasan (°C/menit)

$T_{\text{akhir}}$  = Temperatur akhir (°C)

$T_{\text{awal}}$  = Temperatur awal (°C)

$\Delta t$  = Selisih waktu (menit)

Perhitungan laju pemanasan proses gasifikasi dengan kadar air

- Gasifikasi sampah dengan kadar air 0%

Temperatur akhir ( $T_{\text{akhir}}$ ) : 700°C

Temperatur awal : 32°C

Laju Pemanasan ( $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ )

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700-32}{72} = 9.32 \text{ } ^\circ\text{C/menit}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar air 10%

Temperatur akhir ( $T_{\text{akhir}}$ ) : 700°C

Temperatur awal : 32°C

Laju Pemanasan ( $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ )

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700-32}{76} = 8,752 \text{ } ^\circ\text{C/menit}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar air 20%

Temperatur akhir ( $T_{akhir}$ ) : 700°C

Temperatur awal : 32°C

Laju Pemanasan ( $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ )

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700-32}{78} = 8,53 \text{ }^{\circ}\text{C/menit}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar air 30%

Temperatur akhir ( $T_{akhir}$ ) : 700°C

Temperatur awal : 33°C

Laju Pemanasan ( $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ )

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700-33}{80} = 8,23 \text{ }^{\circ}\text{C/menit}$$

#### 4.1.2 Perhitungan Volume Total Gas

Data volume total gas didapatkan dari rumus

$$V = \frac{\pi \times r^2 \times t}{1000} \dots \dots \dots (4.2)$$

Dimana:

V= volume total gas yang dihasilkan (liter)

r = jari-jari gelas ukur (2,27 cm)

t = total penurunan ketinggian air dalam gelas ukur (cm)

Tabel 4.1

Data Volume Total Gas Hasil Gasifikasi

Variasi Kadar Air	Total penurunan Ketinggian Air (cm)	Volume (Liter)
Kadar Air 1,3%	2000	48,1
Kadar Air 10%	2415	57,8
Kadar Air 20%	2481	59,1
Kadar Air 30%	2734	65,1

#### 4.1.3 Perhitungan Nilai HHV

Nilai HHV yang didapat merupakan perhitungan secara teoritis dari persentase kandungan gas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan pada temperatur 700°C

- Perhitungan Nilai HHV (MJ/kg)

$$\text{HHV} = (\% \text{ massa H}_2 \times \text{HHV H}_2) + (\% \text{ massa CH}_4 \times \text{HHV CH}_4) \dots \dots \dots (4.3)$$

$$\% \text{ massa H}_2 = \frac{(\% \text{H}_2 \times \text{Mr H}_2)}{(\% \text{H}_2 \times \text{Mr H}_2) + (\% \text{CH}_4 \times \text{Mr CH}_4) + (\% \text{CO}_2 \times \text{Mr CO}_2)} / 100$$

$$\% \text{ massa CH}_2 = \frac{(\% \text{CH}_4 \times \text{Mr CH}_4)}{(\% \text{H}_2 \times \text{Mr H}_2) + (\% \text{CH}_4 \times \text{Mr CH}_4) + (\% \text{CO}_2 \times \text{Mr CO}_2)} / 100$$

$$\% \text{ massa CO}_2 = \frac{(\% \text{CO}_2 \times \text{Mr CO}_2)}{(\% \text{H}_2 \times \text{Mr H}_2) + (\% \text{CH}_4 \times \text{Mr CH}_4) + (\% \text{CO}_2 \times \text{Mr CO}_2)} / 100$$

Dengan:

HHV = *High Heating Value* (MJ/kg)

%H<sub>2</sub> = Persentase mol H<sub>2</sub>

%CH<sub>4</sub> = Persentase mol CH<sub>4</sub>

%CO<sub>2</sub> = Persentase mol CO<sub>2</sub>

HHV H<sub>2</sub> = nilai HHV Hidrogen secara teoritis (141,8 MJ/kg)

HHV CH<sub>4</sub> = nilai HHV metana secara teoritis (55,5 MJ/kg)

Mr H<sub>2</sub> = massa molekul relatif H<sub>2</sub> (1 sma)

Mr CH<sub>4</sub> = massa molekul relatif CH<sub>4</sub> (16 sma)

Mr CO<sub>2</sub> = massa molekul relatif CO<sub>2</sub> (44 sma)

- Perhitungan Nilai HHV (MJ/m<sup>3</sup>)

$$\text{HHV} = ((\% \text{ volume H}_2 \times \text{HHV H}_2) + (\% \text{ volume CH}_4 \times \text{HHV CH}_4)) / 100 \dots \dots \dots (4.4)$$

Dengan:

HHV = *High Heating Value* (MJ/kg)

HHV H<sub>2</sub> = nilai HHV Hidrogen secara teoritis (12,7 MJ/m<sup>3</sup>)

HHV CH<sub>4</sub> = nilai HHV metana secara teoritis (40 MJ/m<sup>3</sup>)

Tabel 4.2

Data Nilai HHV dari Gas Hasil Gasifikasi Sampah Organik Pada Temperatur 700°C

Variasi Kadar Air	HHV (MJ/kg)	HHV (MJ/m <sup>3</sup> )
Kadar Air 1,3%	44.68189249	22.25079123
Kadar Air 10%	44.68528389	22.10675277
Kadar Air 20%	44.32818044	21.61079214
Kadar Air 30%	39.19728246	17.05531771

## 4.2 Pembahasan dan Analisis Grafik

### 4.2.1 Analisis Hubungan Temperatur Terhadap Waktu

Seiring bertambahnya kadar air maka laju kenaikan temperatur akan mengalami penurunan akan tetapi penurunan nilainya tidak terlalu signifikan. Dari gambar 4.1 didapatkan bahwa kadar air 1,3%; 10%; 20%; 30% masing-masing membutuhkan waktu

sebesar 72 menit, 76 menit, 78 menit, dan 80 menit untuk dapat mencapai temperatur 700°C. Laju pemanasan dengan nilai tertinggi terdapat pada variasi kadar air 1,3% sebesar 9,32°C/menit diikuti variasi kadar air 10%, 20%, 30 % dengan laju pemanasan sebesar 8,75°C/menit; 8,52°C/menit; 8,23°C/menit. Pada variasi kadar air yang semakin tinggi, massa spesimennya juga lebih besar hal ini menyebabkan besarnya kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur spesimen juga meningkat Sehingga laju pemanasannya cenderung menurun seiring bertambahnya kadar air

$$\Delta T = \frac{q}{m.c} \dots\dots\dots(4.5)$$

$$C = C_w \cdot M_{wet} + (1 - M_{wet}) \times (0,266 + 0,00116 \theta) \dots\dots\dots(4.6)$$

Dimana:

$C_w$  = kalor jenis air (1 cal/g°C)

$\theta$  = temperatur biomassa (°C)

$M_{wet}$  = moisture fraction

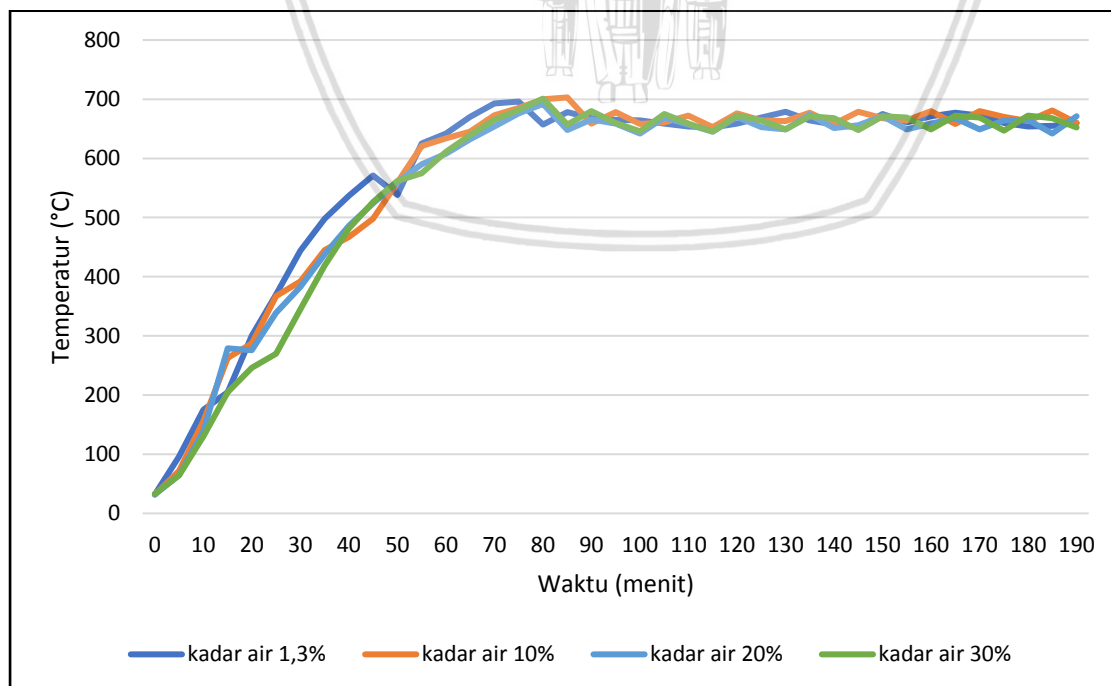
$q$  = kalor yang diberikan (kalori)

$m$  = massa spesimen (g)

$c$  = kalor jenis biomassa (cal/g°C)

$\Delta T$  = perbedaan temperatur (°C)

sumber: (Jenkins, 1989, p. 876)



Gambar 4.1 Hubungan Temperatur Terhadap Waktu



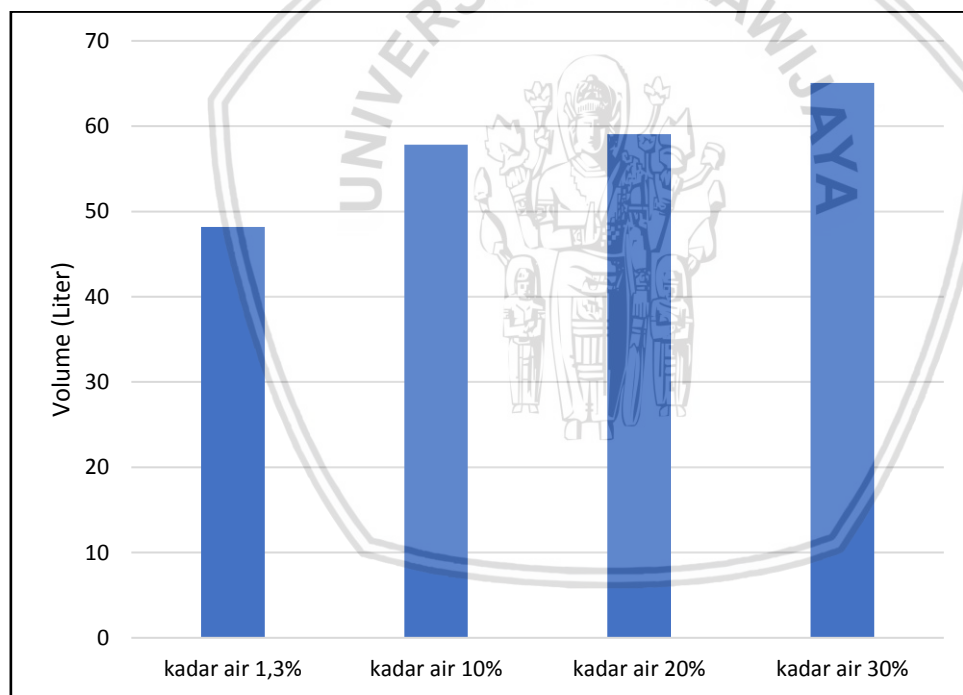
#### 4.2.2 Analisis Volume Total Gas yang dihasilkan

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa semakin tinggi kadar air maka volume gas total yang dihasilkan dari proses gasifikasi sampah organik juga meningkat dengan urutan kadar air 1,3%;10%;20%;30% sebesar 48,1 liter; 57,8 liter; 59,1 liter; 65,1 liter. hal ini dapat terjadi karena air yang terkandung di dalam sampah organik dapat menyebabkan terjadinya *shift reaction* dan *water gas reaction*.

*Water gas reaction:*  $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$

*Shift conversion:*  $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$

Terjadinya *shift reaction* dan *water gas reaction* akan meningkatkan persentase gas  $H_2$  di dalam gas hasil gasifikasi. Meningkatnya persentase  $H_2$  tersebut menyebabkan meningkatnya volume karena  $H_2$  memiliki massa jenis paling rendah dibandingkan gas  $CH_4$ , dan CO



Gambar 4.2 Volume Total Gas yang dihasilkan

#### 4.2.3 Analisis Persentase Char, Tar, Gas

Dalam Proses gasifikasi dihasilkan tiga produk yaitu gas, char/ash, tar. Persentase dari char/ash, tar dan gas dengan variasi kadar air 1,3%; 10%; 20%; 30% pada gasifikasi sampah organik dapat terlihat pada gambar 4.3. Nilai dari persentase gas, char/ash dan tar dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3

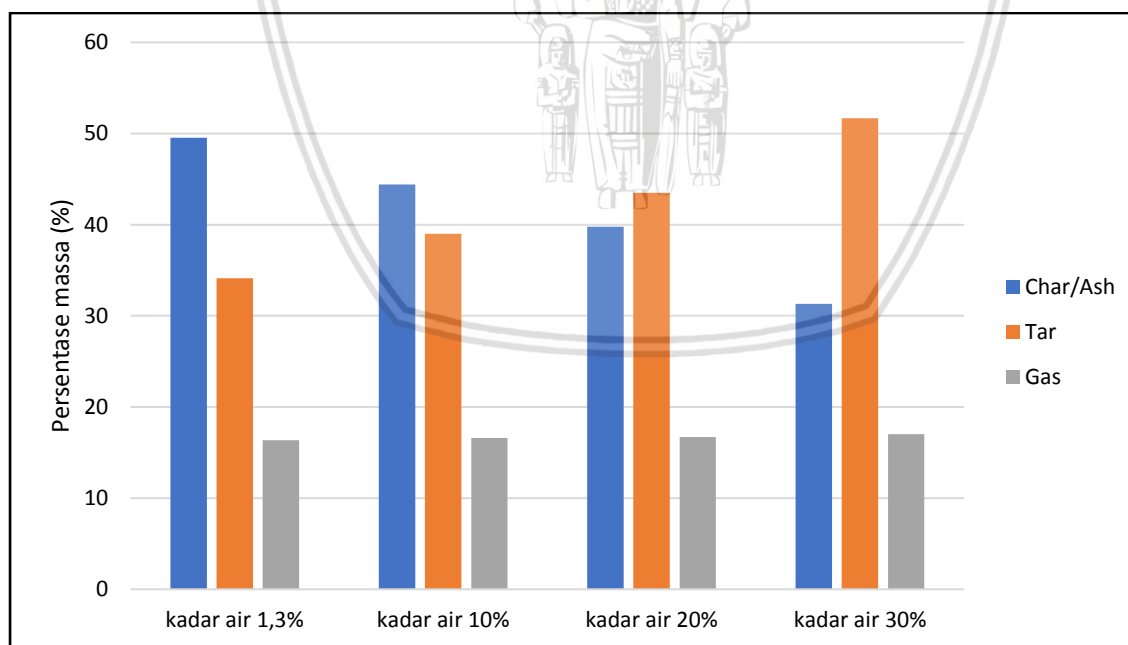
Data persentase massa Char/Ash, Tar, Gas

Variasi Kadar Air	Char/ash	Tar	Gas
Kadar Air 1,3%	49.53179707%	34.1051908%	16.36301208%
Kadar Air 10%	44.42065701%	38.9920726 %	16.58727038%
Kadar Air 20%	39.78324524%	43.5100665%	16.70668827%
Kadar Air 30%	31.32616937%	51.6685728%	17.00525782%

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi pula persentase gas dan tar yang dihasilkan, sedangkan pada char nya semakin menurun. Hal ini terjadi karena atom C dari char akan bereaksi dengan H<sub>2</sub>O yang terkandung di dalam air untuk menghasilkan H<sub>2</sub> ( *Water Gas Reaction*)

*Water gas reaction:*  $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$

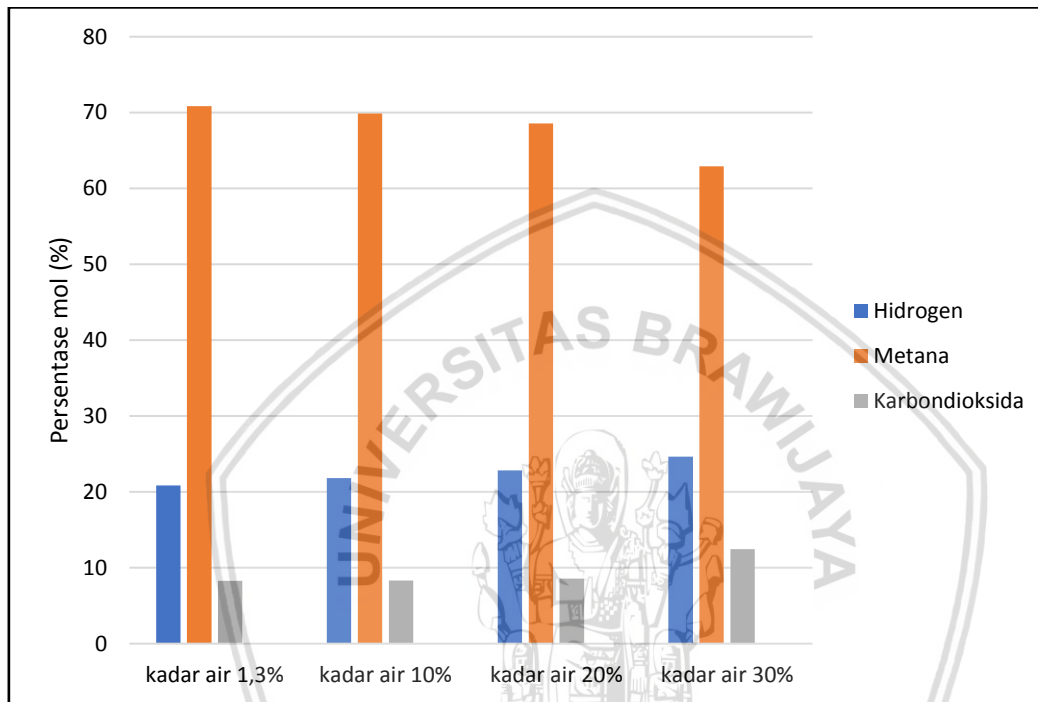
Persentase tar pada grafik cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar air hal ini disebabkan kalor untuk pemecahan tar menjadi *noncondesable gas* diserap oleh air yang terkandung di dalam sampah organik. Sehingga kandungan tar pada proses gasifikasi menjadi meningkat.



Gambar 4.3 Persentase Char/Ash, Tar, Gas

#### 4.2.4 Analisis Persentase Kandungan Gas Hasil Gasifikasi Pada Temperatur 700°C

Gambar 4.4 menunjukkan persentase H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> yang terkandung di dalam gas hasil gasifikasi pada temperatur 700°C. Dari grafik terlihat bahwa variasi kadar air 30% memiliki persentase kandungan H<sub>2</sub> tertinggi tetapi kandungan CH<sub>4</sub> paling rendah. Dan variasi kadar air 1,3% memiliki persentase CH<sub>4</sub> paling tinggi dan persentase H<sub>2</sub> paling rendah.



Gambar 4.4 Persentase gas H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> yang dihasilkan pada temperatur 700°C

Semakin tinggi kadar air persentase kandungan H<sub>2</sub> juga mengalami peningkatan meskipun tidak terlalu signifikan. Air di dalam sampah organik membantu terbentuknya H<sub>2</sub> melalui reaksi *water gas reaction* dan *shift reaction*.

*Water gas reaction:*  $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO - 131.38 \text{ kJ/kg mol}$

*Shift conversion:*  $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 - 41.98 \text{ kJ/mol}$

Penurunan persentase CH<sub>4</sub> seiring bertambahnya kadar air terjadi karena terjadinya proses *steam reforming* yaitu proses reaksi antara CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O untuk membentuk H<sub>2</sub>

*Steam Reforming:*  $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3 H_2 - 74.90 \text{ kJ/mol}$ .

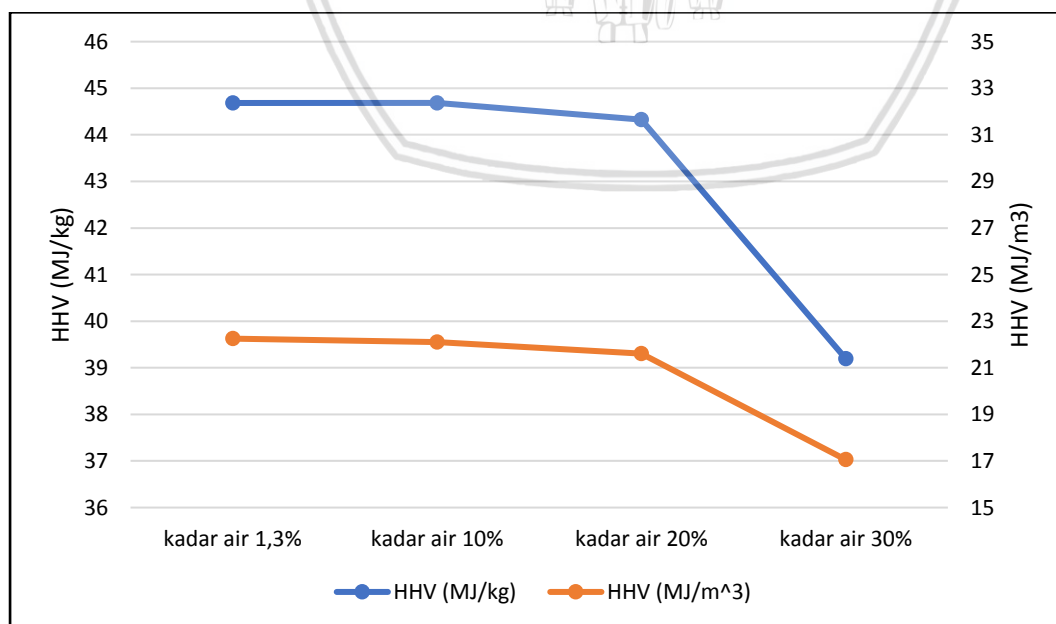
Tabel 4.4

Data Persentase Kandungan H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>

Variasi Kadar Air	H <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
kadar air 1,3%	20.865	70.837	8.298
kadar air 10%	21.818	69.877	8.305
kadar air 20%	22.854	68.577	8.569
kadar air 30%	24.633	62.92	12.447

#### 4.2.5 Analisis Nilai HHV Dari Gas Hasil Gasifikasi Pada Temperatur 700°C

Pada Gambar 4.5 kita dapat melihat nilai HHV dari variasi kadar air 1,3 %; 10%; 20%; 30%. Nilai HHV (MJ/kg) yang didapat dari perhitungan secara teoritis yaitu dengan mengalikan persentase massa dari gas H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dengan nilai HHV dari gas tersebut (Nilai HHV dari H<sub>2</sub> sebesar 141,8 MJ/kg sedangkan CH<sub>4</sub> bernilai 55,5 MJ/kg). Sedangkan nilai HHV dengan satuan MJ/m<sup>3</sup> (besarnya nilai HHV dalam 1 m<sup>3</sup> gas yang dihasilkan pada temperatur 700°C) didapat dari persentase volume H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dikalikan nilai HHV dari unsur gas tersebut (HHV H<sub>2</sub> sebesar 12,7 MJ/m<sup>3</sup> dan HHV CH<sub>4</sub> sebesar 40 MJ/m<sup>3</sup>). Pada grafik terlihat bahwa seiring bertambahnya kadar air terjadi penurunan nilai HHV. Pada kadar air 1,3% sampai 20 % penurunan yang terjadi sangat kecil akan tetapi pada kadar air 30% penurunan dari nilai HHV sangat signifikan. hal ini disebabkan menurunnya persentase metana dan meningkatnya persentase kandungan gas karbon dioksida (tidak bisa terbakar) yang ada di dalam gas hasil gasifikasi sehingga mengurangi nilai dari HHV nya.



Gambar 4.5 Nilai HHV dari Gas Hasil Gasifikasi pada temperatur 700°C

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari Hasil Penelitian , analisis grafik dan pembahasan Pengaruh Kadar air Terhadap Hasil Gasifikasi Sampah Organik dapat disimpulkan bahwa:

Kadar Air akan mempengaruhi dari hasil gasifikasi. Kenaikan variasi kadar air dari 1,3%; 10%; 20%; 30% pada gasifikasi sampah organik menyebabkan laju pemanasan yang semakin menurun dengan nilai sebesar 9,32°C/menit ; 8,75°C/menit; 8,52°C/menit; 8,23°C/menit. Hal ini bisa terjadi karena semakin banyak air yang terkandung di dalam sampah organik maka semakin besar pula massa sampah organiknya sehingga kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur juga bertambah. Seiring bertambahnya kadar air volume total gas yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini bisa terjadi karena H<sub>2</sub>O yang ada dalam sampah organik akan bereaksi dengan C dan CO pada reaksi *Water gas reaction* dan *Shift reaction* untuk menghasilkan H<sub>2</sub> sehingga meningkatkan volume gas yang dihasilkan. Bertambahnya kadar air menyebabkan semakin meningkatnya persentase gas dan tar. Serta menurunkan persentase charnya. Char yang semakin berkurang terjadi karena H<sub>2</sub>O akan bereaksi dengan atom C yang ada di char untuk menghasilkan H<sub>2</sub> dan CO. sedangkan pada tar terjadi peningkatan persentase seiring bertambahnya kadar air karena kalor yang diperlukan untuk memecah tar menjadi syngas diserap oleh air. Peningkatan kadar air akan mempengaruhi persentase komposisi gas yang dihasilkan hal ini terjadi karena air di dalam sampah organik akan menyebabkan terjadinya *water gas reaction* dan *shift reaction*. Seiring bertambahnya kadar air kandungan H<sub>2</sub> pada gas hasil gasifikasi pada temperatur 700°C juga akan meningkat akan tetapi kandungan CH<sub>4</sub> nya menurun. Hal ini terjadi karena terjadinya reaksi *steam reforming*. bertambahnya kadar air menyebabkan nilai HHV dari gas hasil gasifikasi cenderung menurun. Hal ini terjadi karena menurunnya persentase metana dan meningkatnya kandungan CO<sub>2</sub>

#### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan syngas.
2. Sampah yang digunakan dapat divariasikan lebih beragam lagi seperti sampah kertas, karet dan lain-lain



3. Perlu dilakukan penelitian mengenai efisiensi dari syngas yang dihasilkan apabila digunakan untuk proses pembakaran.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arthur M.James., Wenqiao.Yuan., Michael D. Boyette. 2016. *The Effect of Biomass Physical Properties on Top-Lit Updraft Gasification of Woodchips*. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Basu, Prabir. 2010. *Biomass Gasification And Pyrolysis Practical Design and Theory*. The Boulevard, Langford Lane Kidlington, Oxford
- Goswami, D. Y. 1986. *Alternative Energy in Agriculture*. Boca Raton, FL (USA) :CRC Press.
- Jenkins, B.M., 1989. *Physical properties of biomass*. In: Kitani, O., Hall, C.W. (Eds.), *Biomass Handbook*. Gordon & Breach Science Publishers, Amsterdam.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2015.
- Khoiriyah, A'isyatul. 2015. *Karakteristik Api Syngas Pada Gasifikasi Sistem Downdraft Dengan Oksigen Sebagai Gasyfaying Agent berbahan Baku Biomassa*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Kumar, Hitesh., Baredar, Prashant., Agrawal, Pankaj., Soni. 2014. *Effect of Moisture Content on Gasification Efficiency in Down Draft Gasifier*. TIT College, Bhopal.
- Novita, Dian.Marya., Damanhuri, Endi. 2010. *Perhitungan Nilai Kalor Berdasarkan Komposisi Dan Karakteristik Sampah Perkotaan Di Indonesia Dalam Konsep Waste To Energy*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Partha, Gede.Indra.Cokorde. 2010. *Penggunaan Sampah Oeganik Sebagai Pembangkit Listrik Di TPA Suwung-Denpasar*. Bali: Universitas Udayana.
- Putri, G.A. 2009. *Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent ii Media Gasifikasi Terhadap Warna dan Temperatur Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft Dengan Bahan Baku Tongkol Jagung*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rachmawan, O. 2001. *Pengeringan, Pendinginan dan Pengemasan Komoditas Pertanian*. Depdiknas. Jakarta.
- Reed, T.B dan Dan, A. 1988. *Hanbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine System*. Solar Energy Research Institute. Colorado.
- Sadeghbeigi, Reza. 2012. *Fluid Catalytic Cracking Hanbook*. Butterworth Heinemaan

- Widyawidura, Wira., Liestiono, Ratih., dkk. 2017. *Pengaruh Jenis Bahan Terhadap Proses Gasifikasi Sampah Organik Menggunakan Updraft Fixed Bed Reactor*. Yogyakarta : Universitas Proklamasi 45.
- Yaghoubi, Ebrahim., Xiong, Qingang., dkk. 2018. *The Effect of Different Operational Parameters on Hidrogen Rich Syngas Production From Biomass Gasification in a Dual Fludized Bed Gasifier*. Tehran: Iran University of Science and Technology.
- Zahra, Fatimah., Damanhuri, Tri.Padmi. 2011. *Kajian Komposisi, Karakteristik Dan Potensi Daur Ulang Sampah Di TPA Cipayung, Depok*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan-ITB.
- Zeng, Jimin., Xiao, Rui., Zhang, Huiyan., dkk .2016. *Syngas Production via Biomass self-Moisture Chemical Looping Gasification*. Nanjing:, Southeast University.

